

酸素 A バンドを利用したクロロフィル蛍光の観測 Detection of chlorophyll fluorescence using the oxygen A-band

菊地 信弘^{1*}, 横田達也¹, 吉田幸生¹
KIKUCHI, Nobuhiro^{1*}, Tatsuya Yokota¹, Yukio Yoshida¹

¹ 国立環境研究所

¹National Institute for Environmental Studies

植物によって吸収された太陽光エネルギーのうち、光合成に使われなかったエネルギーの一部が熱として散逸し、他は蛍光として放射される。この太陽光によって誘起されたクロロフィル蛍光は、植物の瞬間的な光合成活動に直接結びついている。したがって、クロロフィル蛍光を宇宙から全球規模で観測することができれば、植物による炭素固定のより詳細な情報が得られる。さらに、クロロフィル蛍光に加えて大気中の二酸化炭素濃度を同時に測定することができれば、炭素循環をより良く理解するためのユニークなデータセットとなることが期待される。

クロロフィル蛍光は波長 0.65-0.8 ミクロンの範囲で放射されるが、これは波長 0.76 ミクロンを中心とする酸素 A バンドとオーバーラップしている。放射強度は波長 0.76 ミクロンにおいて $2 \text{ mW/m}^2/\text{str/nm}=10^{-8} \text{ W/cm}^2/\text{str/cm}^{-1}$ 程度であると見積もられる (Campbell et al. 2008)。2009 年 1 月に打ち上げられた日本の温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT に搭載されている TANSO-FTS は、酸素 A バンドのスペクトルを 0.2 cm^{-1} の波数分解能で観測している。GOSAT が酸素 A バンドを観測している主たる目的は、1.6 ミクロンや 2 ミクロン帯から二酸化炭素やメタンの気柱量を導出する際にエアロゾルや巻雲の影響を補正するためであるが、酸素 A バンドスペクトルはクロロフィル蛍光の検出にも利用することができる。実際、酸素 A バンドにおけるノイズレベルは $2 \times 10^{-9} \text{ W/cm}^2/\text{str/cm}^{-1}$ 程度であり、これはクロロフィル蛍光の放射輝度よりも低い。

我々は酸素 A バンドのスペクトルからクロロフィル蛍光の放射強度を導出するアルゴリズムを開発している。クロロフィル蛍光は地表面からの等方的な放射としてモデル化している。クロロフィル蛍光と同時推定するパラメータは、地表面アルベド、地表気圧、気温シフト量 (気象データからのずれで、鉛直方向一定値と仮定する)、エアロゾル光学的厚さ、およびゼロレベルオフセット量である。ゼロレベルオフセットは検出器信号処理系の非線形性に起因し、GOSAT TANSO-FTS の L1B スペクトルの現バージョンに見られる。ブラウンホーファー線強度のみからクロロフィル蛍光を検出する簡便なアルゴリズムからゼロレベルオフセット量を同時補正することは困難である。

図は 2009 年 6 月 26-28 日の雲除去済みの GOSAT データから導出されたクロロフィル蛍光強度である。結果は予備的であり、まだ検証されていない。データはまばらではあるが、いくつかの点で我々の結果の妥当性を議論することは可能である。まず第一に、サハラなどの砂漠領域でクロロフィル蛍光が検出されていない。加えて北アメリカ、東ヨーロッパ、中央アフリカ、東南アジアなどで強いクロロフィル蛍光が検出されている。クロロフィル蛍光が強く検出されている地域は、ブラウンホーファー線強度を利用した Joiner et al. (2011) や Frankenberg et al. (2011) の結果と調和的である。現在、クロロフィル蛍光の全球規模の月平均値や季節変動、さらに二酸化炭素濃度の同時推定値を得るためのさらなるデータ解析を進めているところである。

キーワード: 炭素循環

Keywords: carbon cycle

